BONNER ZOOLOGISCHE BEITRÄGE

Jahrgang 31 | 1980 | Heft 3–4

Aus dem Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg

Einfacher Frequenz-Spannungswandler für die schnelle Analyse tonaler Signale [1])

von

FRANK NÜRNBERGER, HANS-HEINER BERGMANN, DIETER MENNE und HANS-ULRICH SCHNITZLER

Einleitung

Für die Frequenzanalyse akustischer Signale wird in der Biologie meist der Kay Electric Sonagraph eingesetzt (Koenig et al. 1946, Borror & Reese 1953). Diese Methode ist einerseits zeitaufwendig, da längere Laute bzw. Lautfolgen in kurze Stücke aufgeteilt werden müssen, deren Analyse jeweils mehrere Minuten benötigt. Andererseits ist sie kostspielig, da sowohl die Anschaffungskosten für das Gerät als auch der Preis für das Registrierpapier hoch liegen.

Ein von Hopkins et al. (1970) eingeführter Echtzeit-Frequenzanalysator ermöglicht zwar eine schnellere Analyse, ist jedoch in der Anschaffung ebenfalls teuer. Bei der Beurteilung vieler Signale erübrigt es sich, alle Frequenz-Zeit-Informationen zu kennen, die im Sonagraphen bzw. Echtzeit-Frequenzanalysator gewonnen werden können (vgl. Hjorth 1970). Vor allem bei tonalen Signalen ohne Oberton, wie sie in den Lautäußerungen vieler Vogelarten auftreten, gibt schon ein billiger Frequenz-Spannungs-Wandler (f/V-Wandler) die Möglichkeit, den Frequenz-Zeit-Verlauf auf dem Speicher-Bildschirm eines Oszillographen sichtbar darzustellen oder mit einer Oszillographenkamera auf Oscilloscript-Papier zu registrieren.

Eine solche preisgünstige und schnelle Analyse ist bisher bei bioakustischen Untersuchungen kaum eingesetzt worden. Daher soll dieses Verfahren hier dargestellt und seine Vor- und Nachteile kurz beschrieben werden.

---

[1]) Mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (Be 617/9, Schn 138/9).

Funktionsprinzip

Die Frequenz eines tonalen Signals ohne Obertöne kann zu jedem Zeitpunkt als Kehrwert der Schwingungsdauer einer jeden einzelnen Schwingung ermittelt werden. Das hier beschriebene Gerät erzeugt eine zur Schwingungsdauer und damit zur Frequenz proportionale Analogspannung, die sich auf dem Bildschirm eines Oszillographen darstellen läßt.

Das Funktionsprinzip des Geräts ist in Abb. 1 und sein Schaltbild in Abb. 2 skizziert. Jede positive Halbwelle eines Signals wird durch einen Komparator mit einstellbarer Schwelle in ein Rechtecksignal umgewandelt, dessen Dauer durch das Über- bzw. Unterschreiten des Schwellenpegels bestimmt wird. Die ansteigenden Flanken der vom Komparator kommenden Signale triggern einen Monoflop, der jeweils ein Rechtecksignal konstanter Fläche, d. h. konstanter Dauer und Amplitude erzeugt. Ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter integriert die aufeinanderfolgenden Rechtecksignale konstanter Fläche, d. h. die Ausgangsspannung ist proportional zur Zahl der pro Zeiteinheit gefilterten Rechtecke und damit proportional zur Frequenz des analysierten Signals.

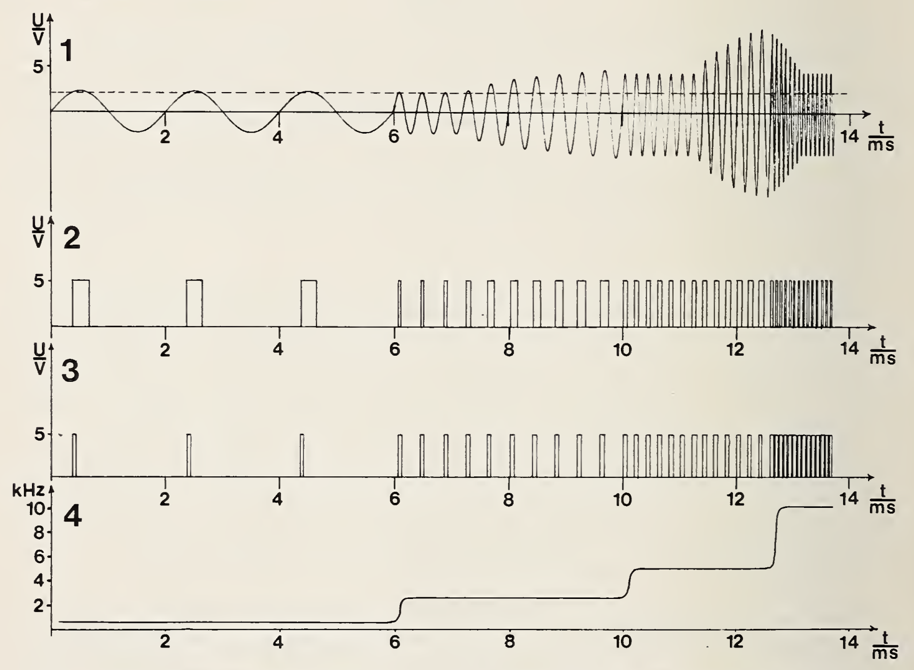


Abb. 1: Schematische Darstellung zum Funktionsprinzip des Frequenz-Spannungswandlers. 1 Wellenzug, aus unterschiedlichen Wellenlängen und -amplituden zusammengesetzt. 2 Im Komparator erzeugte Rechtecksignale unterschiedlicher Dauer. 3 Rechtecksignale konstanter Fläche am Ausgang des Monoflops. 4 Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters wie auf dem Oszillographen dargestellt.

Die Leistungen des f/V-Wandlers werden durch die Dauer der vom Monoflop kommenden Rechtecksignale und durch die Eigenschaften des Tiefpaßfilters in folgender Weise bestimmt:

Die höchste Frequenz, die noch in eine Analogspannung umgesetzt werden kann, ergibt sich als Kehrwert der Dauer der vom Monoflop kommenden Rechtecksignale. Diese Dauer stellt man mit einem Potentiometer ein.

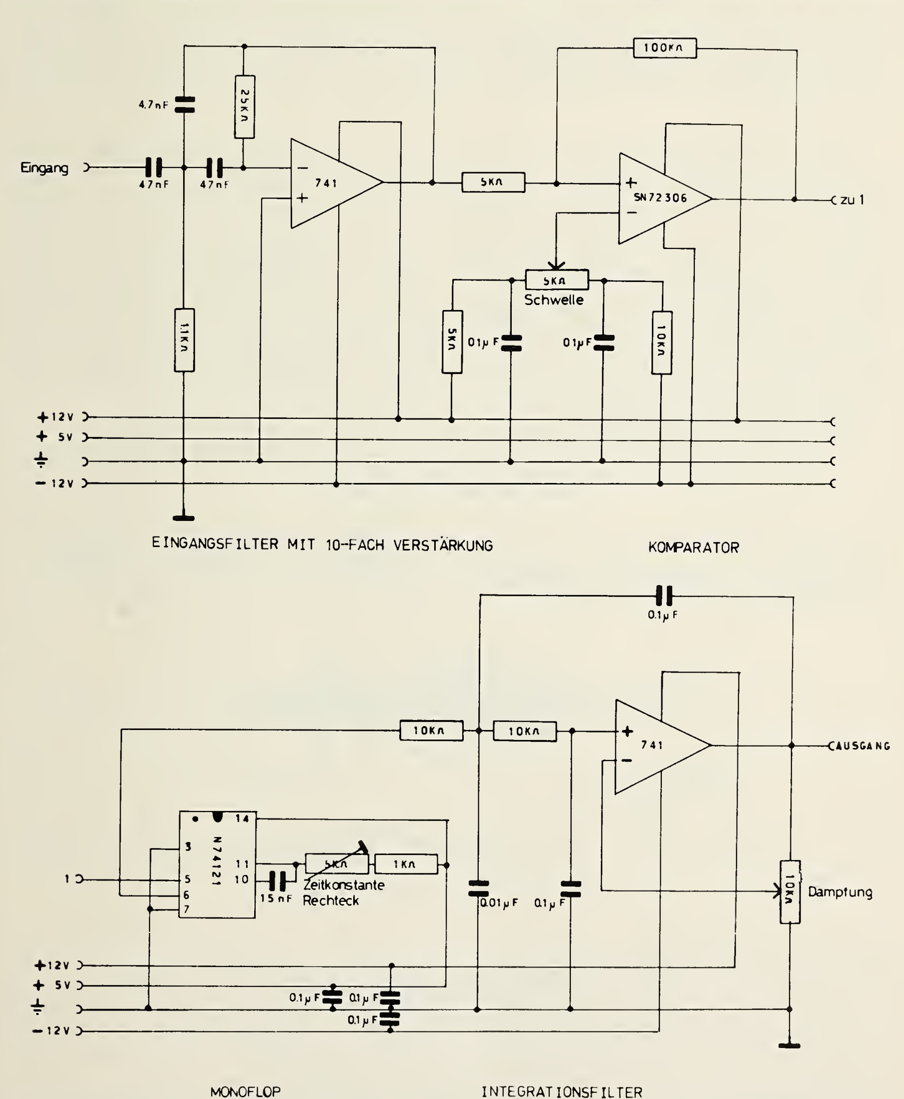


Abb. 2: Schaltpläne für den Frequenz-Spannungswandler. Die Schaltung für ein zugehöriges Netzgerät ist nicht dargestellt.

So erlaubt z. B. eine Dauer von 0,1 msec eine obere Frequenz von 10 kHz. Die Eigenschaften des Tiefpaßfilters bestimmen, bis zu welcher unteren Grenze die Frequenzen noch sinnvoll analysiert werden können. Bei der hier vorgestellten Schaltung hat das Tiefpaßfilter eine Grenzfrequenz von 200 Hz. Bei dieser Frequenz erzeugt jedoch die im Monoflop ausgelöste Folge von Rechtecksignalen am Ausgang des Filters eine stark wellige Analogspannung. Erst wenn die zu analysierende Frequenz deutlich höher liegt als die Grenzfrequenz des Tiefpaßfilters, verringert sich die auf der Ausgangsspannung aufsitzende Restwelligkeit so weit, daß sie nicht mehr störend wirkt.

Die Geschwindigkeit, mit der der f/V-Wandler sich bei plötzlichen Frequenzänderungen auf die neue Frequenz einstellt, ergibt sich aus der Zeitkonstanten und dem Dämpfungsverhalten des Tiefpaßfilters. Das Dämpfungsverhalten wird durch ein Zehngangpotentiometer bestimmt, das ausgehend von seinem unteren Grenzwert so einzustellen ist, daß bei schnellen Frequenzänderungen gerade noch ein Überschwingen der Ausgangsspannung vermieden wird. Bei optimal abgeglichenem Filter erreicht ein Frequenzsprung von 2 kHz die zur neuen Frequenz proportionale Analogspannung innerhalb von 3 msec.

Einsatzmöglichkeiten

Der f/V-Wandler eignet sich gut dazu, tonale Signale ohne Obertöne zu untersuchen, deren Tonhöhe sich nicht zu schnell in der Zeit ändert.

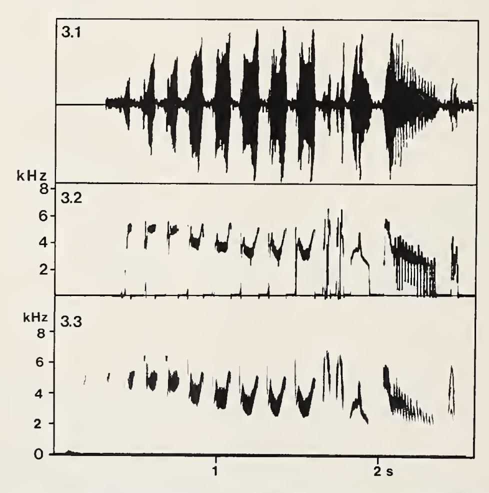


Abb. 3: Vergleich von Oszillogramm (1), Darstellung des Frequenz-Spannungswandlers (2) und Sonagramm (3) einer Gesangsstrophe des Buchfinken *(Fringilla coelebs)* bei gleichem Zeitmaßstab (Aufn. Mellnau, Hessen, 30. 4. 1972).

Bei solchen Signalen (Abb. 3 und 4.1) entspricht das vom f/V-Wandler erzeugte Bild ziemlich genau dem Sonagramm. Bei sehr schnellen Frequenzänderungen kann der f/V-Wandler aufgrund der relativ hohen Zeitkonstante des Tiefpaßfilters nicht mehr folgen, so daß das erzeugte Bild um so mehr vom Sonagramm abweicht, je schneller sich die Frequenz im Signal ändert (Abb. 4.2).

Der Frequenzbereich geräuschhafter Signale kann vom f/V-Wandler nicht erfaßt werden (Abb. 4.3). Auch bei tonalen Signalen mit Obertönen lassen sich die einzelnen Harmonischen nicht abbilden (Abb. 4.4 und 4.5). Die

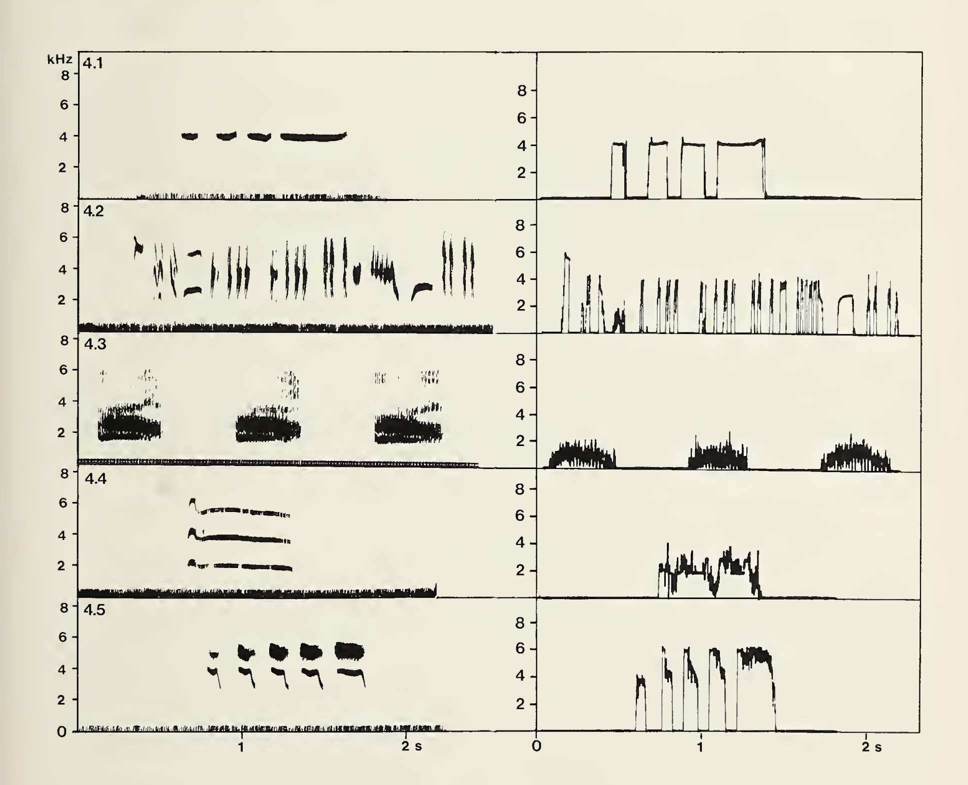


Abb. 4: Sonagramme (links) und zugehörige Darstellungen des Frequenz-Spannungswandlers (rechts) verschiedenartiger Lautäußerungen von Vögeln. 1 Reintonige Gesangsstrophe eines Grauortolans *(Emberiza caesia)* (11. 4. 78, Troodos, Cypern). 2 Gesangsstrophe einer Maskengrasmücke *(Sylvia rueppelli)* mit vielen geräuschhaften Kurzelementen (6. 5. 76, Delphi, Griechenland). 3 Krährufe einer Nebelkrähe *(Corvus corone cornix)* (11. 9. 67, Antikyra, Griechenland). 4 Bettelruf einer flüggen Waldohreule *(Asio otus)* mit ausgewogenem harmonischem Spektrum (15. 8. 77, Naturns, Südtirol). 5 Gesangsstrophe eines Grauortolans, zweistimmig, oberer Teil mit Seitenbändern (Daten wie 1).

hier gebrachten Vergleiche zeigen, daß der Einsatz eines f/V-Wandlers nur bei einer begrenzten Zahl von Signalen sinnvoll ist und zwar nur dann, wenn zusätzlich zu den schon aus dem Amplitudenverlauf ablesbaren Parametern (3.1) weitere Informationen über den Frequenzverlauf einzelner Elemente und deren zeitliche Ausdehnung benötigt werden (3.2). Da mit dem f/V-Wandler sehr schnell — d. h. mit praktisch kontinuierlich laufendem Tonband — gearbeitet werden kann, eignet sich dieses Verfahren besonders gut für die Analyse von großen Mengen gleichartiger Signale (Nürnberger 1978).

Zusammenfassung

Es wird ein Frequenz-Spannungswandler beschrieben, mit dem bei geringem Aufwand an Kosten und Zeit kontinuierlich Frequenz-Zeit-Verläufe reintoniger Signale auf dem Bildschirm eines Oszillographen erzeugt werden können, die Sonagrammen ähnlich sind. Signale mit Obertönen, geräuschhafte Signale und sehr schnell in der Frequenz sich ändernde Signale können nicht analysiert werden.

Summary

A low cost frequency to voltage converter is described which allows the continuous monitoring of the frequency-time-structure of pure tone signals on an oscilloscope screen. Signals with harmonics, with noise-like components, or with fast frequency changes cannot be analyzed.

Literatur

Borror, D. J., & C. R. Reese (1953): The analysis of bird's song by means of a vibralyser. — Wilson Bull. 65: 271–276.

Hjorth, I. (1970): A comment on graphic displays of bird sounds and analyses with a new device, the melograph Mona. — J. theor. Biol. 26: 1–10.

Hopkins, C. D., M. Rossetto & A. Lutjen (1974): A continuous sound spectrum analyzer for animal sounds. — Z. Tierpsychol. 34: 313–320.

Koenig, W., H. K. Dunn & L. Y. Lacy (1946): The sound spectrograph. — J. acoustical Soc. Am. 18: 19–49.

Nürnberger, F. (1978): Jahreszeitliche Veränderungen im Gesang des Buchfinken *(Fringilla coelebs)*. — Diplomarbeit Marburg 1978.

Anschriften der Verfasser: Frank Nürnberger, Zentrum für Anatomie, Aulweg 123, D-6300 Gießen. — Hans-Heiner Bergmann, Fachbereich Biologie, Seminarstraße, Postfach 4469, D-4500 Osnabrück. — Dieter Menne und Hans-Ulrich Schnitzler, Lehrstuhl für Zoophysiologie, Biologie III, Auf der Morgenstelle 28, D-7400 Tübingen.

Zeitschrift/Journal: Bonn zoological Bulletin - früher Bonner Zoologische Beiträge.

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 31

Autor(en)/Author(s): Nürnberger Frank, Bergmann Hans-Heiner, Menne Dieter, Schnitzler Hans-Ulrich

Artikel/Article: Einfacher Frequenz-Spannungswandler für die schnelle Analyse tonaler Signale 193-198